

SP-11407 (2)

US

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

c997 U.S. PRO
10/047627
01/14/02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2001年 2月 7日

出願番号

Application Number:

特願2001-030783

出願人

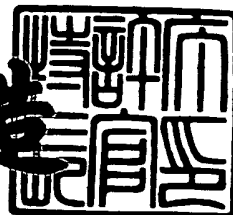
Applicant(s):

株式会社フジクラ

2001年 8月31日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3080988

【書類名】 特許願

【整理番号】 20010012

【提出日】 平成13年 2月 7日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01L 9/12

【発明の名称】 圧力センサおよびその製造方法

【請求項の数】 3

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内

【氏名】 山本 敏

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内

【氏名】 中尾 知

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内

【氏名】 西村 仁

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内

【氏名】 佐藤 昌啓

【特許出願人】

【識別番号】 000005186

【氏名又は名称】 株式会社フジクラ

【代理人】

【識別番号】 100064908

【弁理士】

【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】 100108578

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】 100089037

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704943

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 圧力センサおよびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 不純物ドーピングと異方性エッチングにより形成された導電性を有するダイヤフラム（9）を有するシリコン構造体（5）を、電極（7）とそれを覆う誘電体膜（8）を形成した基体（6）上に、該ダイヤフラムと電極が対向しかつ誘電体膜と隙間（10）をあけた状態で接合してなり、該ダイヤフラムが圧力を受けて誘電体膜と接触する接触面積の変化を検出してその圧力を測定する圧力センサにおいて、前記ダイヤフラム表面上のエッチピット密度を $5 \text{ 個} / \mu\text{m}^2$ 以下としたことを特徴とする圧力センサ。

【請求項 2】 不純物ドーピングと異方性エッチングにより形成された導電性を有するダイヤフラム（9）を有するシリコン構造体（5）を、電極（7）とそれを覆う誘電体膜（8）を形成した基体（6）上に、該ダイヤフラムと電極が対向しかつ誘電体膜と隙間（10）をあけた状態で接合してなり、該ダイヤフラムが圧力を受けて誘電体膜と接触する接触面積の変化を検出してその圧力を測定する圧力センサの製造方法であって、シリコン表面に不純物を高濃度でドーピングし、次いでエッチング面上のエッチピット密度が $5 \text{ 個} / \mu\text{m}^2$ 以下となるようにエッチングを施してダイヤフラムを形成し前記シリコン構造体を製造する工程を含むことを特徴とする圧力センサの製造方法。

【請求項 3】 前記エッチングを、濃度が 1 重量%以上 10 重量%未満である KOH 溶液を用い、エッチング面上のエッチピット密度が $1 \text{ 個} / \mu\text{m}^2$ 以下となるように行うことを特徴とする請求項 2 に記載の圧力センサの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、タッチモード式容量型圧力センサに関し、特に高い耐圧性を有する圧力センサの構造およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

静電容量型圧力センサは、圧力に応じて変形するダイヤフラムが形成された基板と電極が形成された基板とを、ある程度の隙間をあけて前記ダイヤフラムおよび電極が互いに対向するように接合されている構造を有し、前記ダイヤフラムと電極との間の静電容量の変化から圧力を検出するものである。ダイヤフラムや電極を形成するための基板にシリコンやガラスのウエハを用いることが可能であるため、ウエハ上に一度に大量のセンサを作製することができ、低コストでの大量生産に適している。

【 0 0 0 3 】

静電容量型圧力センサの中で、例えば米国特許第5,528,452号公報中に開示されたタッチモード式容量型圧力センサは、図3（A）に示すように、ガラス基板上に金属薄膜からなる電極1を形成し、その上に誘電体膜2を形成し、少なくとも表面が導電性を有するダイヤフラム3を僅かな隙間4を持たせて対向配置した構造であり、圧力検出時には図3（B）に示すようにダイヤフラムがたわんで誘電体膜2に接触している（タッチモードと称される）ことを特徴としている。

【 0 0 0 4 】

ダイヤフラム3は、n型シリコンに高濃度にボロンをドーピングした P^+ 層とされており、ダイヤフラム3を1つの電極とみなせば、圧力検出時には電極1、誘電体膜2、およびダイヤフラム3からなるコンデンサが形成されることになる。ダイヤフラム3と誘電体膜2の接触面積の変化を、両電極間（ダイヤフラム3と電極1間）の静電容量の変化として検出することで、ダイヤフラム3に加わる圧力の測定が可能となる。タッチモード式容量型圧力センサは、他の静電容量型圧力センサに比べて高感度で耐圧性が高く、また圧力と静電容量が直線関係を持つなど多くの優れた特性を有する。

【 0 0 0 5 】

図4に、タッチモード式容量型圧力センサの静電容量と印加圧力の関係を示す。タッチモード式容量型圧力センサの特性上、ダイヤフラムが誘電体膜に接触する前の低圧領域（未接触領域）では、感度はほとんどゼロである。ダイヤフラムが誘電体膜に接触すると、センサの静電容量は一定の範囲内で圧力に対してほぼ直線的に増加（直線領域）し、更に圧力が高まると、感度は次第に低下して静電

容量の変化は飽和する（飽和領域）。

【0006】

シリコン単結晶を用いたダイヤフラムの形成には、KOH、NaOH等の無機系溶液やエチレンジアミン・ピロカテコール（EDP）、水酸化テトラメチルアンモニウム（TMAH）等の有機系溶液を用い、シリコン単結晶の結晶方位によるエッチングレートの違いを利用した異方性エッチングによりなされることが多い。上述したエッチング溶液の中でもKOH水溶液は、他のエッチング溶液と比較してエッチングレートが大きいことや安価であることから、シリコン単結晶の異方性エッチングにはよく用いられている。P⁺層でのエッチストップ効果、すなわちボロン濃度が 10^{19} cm^{-3} を超えるような領域ではシリコン層と比べてエッチングレートが数十分の一から数百分の一になるという効果を利用して、通常は厚さ数 μm のダイヤフラムが形成される。ダイヤフラムの厚さや電極間隔の寸法を制御することにより、上述した直線領域を、所望するセンサの動作範囲に適合させることができ、例えばタイヤ圧検出用のセンサでは、 10 kgf/cm^2 程度の圧力範囲内で安定した動作を得るようにすればよい。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

以上説明したように、従来のタッチモード式容量型圧力センサは、高感度、高耐圧の特徴を有しており、ダイヤフラム厚や電極間隔を変えることにより所望の圧力範囲内で安定した動作を得ることができる。しかしながら、センサの使用状況によっては、実際の動作圧力範囲を大きく超えるような圧力、例えば測定可能な圧力範囲の上限の4～5倍もの耐圧性を必要とする場合があり、このような高圧が加わると、ダイヤフラム割れなどのセンサの破壊が発生する場合があった。このダイヤフラムの割れは、長形状のダイヤフラムがたわんで、誘電体膜に接触している際に最も応力がかかるダイヤフラムの長辺または短辺に主として発生する。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明は、従来品よりもダイヤフラムの耐圧性が高いタッチモード式容量型圧

力センサの提供を目的としている。

本発明者らは上記目的を達成するために鋭意研究を重ねた結果、従来のエッチストップ法で作製したダイヤフラム表面には数多くの微小なエッチピットが存在していることが、原子間力顕微鏡（A F M ; Atomic Force Microscopy）の観察により明らかとなった。このピットは、ボロンドーピング層において、ボロンの濃度が $9 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ を超えるような領域までエッチングすることにより発生し、エッチング時間の増加とともにエッチピットの密度も大きくなることが確認された。さらにエッチピットと耐圧性との関係を調べたところ、エッチピット密度が $5 \text{ 個} / \mu \text{ m}^2$ 以下の時、特に $1 \text{ 個} / \mu \text{ m}^2$ 以下の時にダイヤフラムの耐圧性が劇的に向上することを知見し、本発明を完成させた。

【 0 0 0 9 】

前記目的を達成するため、本発明は、不純物ドーピングと異方性エッチングにより形成された導電性を有するダイヤフラムを有するシリコン構造体を、電極とそれを覆う誘電体膜を形成した基体上に、該ダイヤフラムと電極が対向しかつ誘電体膜と隙間をあけた状態で接合してなり、該ダイヤフラムが圧力を受けて誘電体膜と接触する接触面積の変化を検出してその圧力を測定する圧力センサにおいて、前記ダイヤフラム表面上のエッチピット密度を $5 \text{ 個} / \mu \text{ m}^2$ 以下としたことを特徴とする圧力センサを提供する。

また本発明は、不純物ドーピングと異方性エッチングにより形成された導電性を有するダイヤフラムを有するシリコン構造体を、電極とそれを覆う誘電体膜を形成した基体上に、該ダイヤフラムと電極が対向しかつ誘電体膜と隙間をあけた状態で接合してなり、該ダイヤフラムが圧力を受けて誘電体膜と接触する接触面積の変化を検出してその圧力を測定する圧力センサの製造方法であって、シリコン表面に不純物を高濃度でドーピングし、次いでエッチング面上のエッチピット密度が $5 \text{ 個} / \mu \text{ m}^2$ 以下となるようにエッチングを施してダイヤフラムを形成し前記シリコン構造体を製造する工程を含むことを特徴とする圧力センサの製造方法を提供する。

この圧力センサの製造方法において、前記エッチングは、濃度が 1 重量% 以上 10 重量% 未満である K O H 溶液を用い、エッチング面上のエッチピット密度が

1 個 / μm^2 以下となるように行うことが望ましい。

【 0 0 1 0 】

【発明の実施の形態】

図 1 は、本発明の圧力センサの一形態を示すものであり、(A) は圧力センサの平面図、(B) は側面断面図である。

この圧力センサは、金属薄膜からなる電極 7 とそれを覆うように形成された誘電体膜 8 を設けた基体 6 上に、圧力に応じて変形可能な、導電性を有するダイヤフラム 9 を設けたシリコン構造体 5 を、ダイヤフラム 9 と電極 7 が対向しかつダイヤフラム 9 と誘電体膜 8 間に隙間 1 0 を持たせた状態で接合して構成されている。

【 0 0 1 1 】

シリコン構造体 5 のダイヤフラム 9 は、シリコンウエハをエッチングして窪ませることによって形成されている。シリコンウエハにダイヤフラム 9 を形成するには、高濃度に不純物を添加した層をシリコン表面に形成しておき、ボロンのような不純物の高濃度ドーピングによるエッチストップ技術を用いて行うことができる。

【 0 0 1 2 】

本発明において、ダイヤフラム 9 表面上のエッチピット密度は、5 個 / μm^2 以下、好ましくは 3 個 / μm^2 以下、特に好ましくは 2 個 / μm^2 以下、最も好ましくは 1 個 / μm^2 以下になっている。エッチピットとは、エッチング後に形成されたダイヤフラム 9 表面上で観測される微小なピット（穴）である。

ダイヤフラム 9 表面上のエッチピット密度が 5 個 / μm^2 より多いと、本発明によるダイヤフラムの耐圧性向上効果が十分に得られなくなる。

ボロンのような不純物がドーピングされたシリコンにより形成されたダイヤフラムを持つタッチモード式容量型圧力センサにおいて、ダイヤフラム表面上のエッチピット密度を 5 個 / μm^2 以下、特に高圧用のもの（例えば自動車タイヤ圧検出用）では、1 個 / μm^2 以下とすることによって、その耐圧性を格段に向上させることができる。

【 0 0 1 3 】

このようなエッチピットは、ボロンドーピング層において、ボロンの濃度が $9 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ を超えるような領域までエッチングすることにより発生し、エッチング時間の増加とともにエッチピットの密度も大きくなることが確認された。従って、ダイヤフラム表面の不純物（ボロン）濃度は $9 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $9 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 未満とすることが望ましい。

ダイヤフラム表面上のエッチピット密度は、原子間力顕微鏡（A F M ; Atomic Force Microscopy）の観察などにより調べることができる。

またダイヤフラム表面の不純物（ボロン）濃度測定には、幾つかの方法があり、例えば S R 法（Spread Resistance ; 広がり抵抗測定法）を用いて測定することができる。この方法は、ボロン拡散層の表面から深さ方向に抵抗値を測定していき、その抵抗値からキャリアの濃度を求めるという方法である。抵抗値から該濃度を求めるには理論に基づいた計算により行われ、このための理論は確立されている。

【 0 0 1 4 】

ダイヤフラム 9 の厚さ、およびダイヤフラム 9 と誘電体膜 8 間の隙間 1 0 の高さを規定するダイヤフラム下方側（基体 6 との接合面側）の窪み深さは、測定対象の負荷圧力範囲にセンサの直線領域が合致するように適宜設定することができる。

【 0 0 1 5 】

基体 6 は、電極 7 と電氣的絶縁状態を確保できるものであれば、その構成材料は特に限定されず、たとえばガラス板、セラミック板、硬質プラスチック板、表面酸化膜を形成したシリコンウエハなどを用いて良く、特に好ましくはガラス板が用いられる。この基体 6 上に形成された電極 7 は、A l、C r、A u、A g、C u、T i などの電極用材料として一般に使用される各種の金属を、基体 6 の表面に、蒸着法、スパッタ法、C V D 法、無電解メッキ法などの薄膜形成方法を用いて成膜される。電極 7 の形状は、基体 6 表面の電極非成膜部をマスクで覆い、電極形成部のみに金属膜を成膜する方法、或いは基体 6 の一面に均一に金属膜を成膜後、フォトリソグラフィ手法を用いて所望の形状にエッチングする方法によりパターン形成することができ、通常はダイヤフラム 9 と同形に成膜される。

この電極 7 を覆うように基体 6 上に成膜された誘電体膜 8 は、ガラス（石英ガラス）、セラミックなどの絶縁材料として周知の材料を、スパッタ法、CVD 法などの薄膜形成手段を用いて成膜することによって形成される。この誘電体膜 8 の厚さは、圧力センサの必要とされる感度に応じて適宜設定され、通常は 0.1 ～数 μm 程度とされる。

【0016】

また基体 6 上には、電極 7 と接続して基体 2 の辺縁部まで延びる端子部 11 と、誘電体膜 8 上に設けられ構造体 5 と電氣的に接続された端子部 11 とが設けられている。これらの端子部 11, 11 は電極 7 と同じ金属材料と、同種の薄膜形成手段を用いて形成可能である。

【0017】

基体 6 の誘電体膜 8 とダイヤフラム 9 との間に形成される隙間 10 は、電極 7 とダイヤフラム 9 よりも一回り大きい長形状にシリコン構造体 5 下面を窪ませて形成されている。この隙間 10 の高さ、すなわち誘電体膜 8 とダイヤフラム 9 間の寸法は、ダイヤフラム 9 の寸法（長さ、幅および厚さ）に応じて適宜選択される。本例示において隙間 10 内は真空とされている。

【0018】

次に、本発明による圧力センサの製造方法の一例として、前述した構造の圧力センサの製造方法を説明する。

基体 6 は、電極 7 およびそれに接続した端子部 11 とを、スパッタ法などを用いて金属薄膜を基体 6 上に成膜し、次いでガラスからなる誘電体膜 8 をスパッタ法などで成膜し、端子部 11 を残して電極 7 を覆い、さらに誘電体膜 8 上にシリコン構造体 5 側の端子部 11 を電極 7 と同様の方法で形成して作製される。

【0019】

シリコン構造体 5 は、シリコンウエハの基体 6 との接合面側から、ボロンなどの不純物を高濃度に熱拡散法を用いてドーピングし、次いで表面（エッチング面）のエッチピット密度が 5 個/ μm^2 以下、好ましくは 3 個/ μm^2 以下、特に好ましくは 2 個/ μm^2 以下、最も好ましくは 1 個/ μm^2 以下となるように接合面とは反対側からエッチングを施してダイヤフラム 9 を形成し、作製される。

【0020】

このエッチングは、エッチング溶液として、KOH、NaOH、エチレンジアミン・ピロカテコール（EDP）、水酸化テトラメチルアンモニウム（TMAH）の群から選択される少なくとも1種類の溶液を用い、高濃度の不純物をドーピングした部分を残すエッチストップ効果を利用して、ダイヤフラム9の厚さが予め設定した厚さになるようにエッチング時間を制御して行われる。この際、不純物の深さ方向分布を制御することにより、ダイヤフラムの厚さを変えることができる。

【0021】

エッチピット密度が1個/ μm^2 以下のダイヤフラムを形成するためには、濃度が1wt%以上10wt%未満のKOH溶液を用い、均一なエッチングを行うことが望ましい。また、このようなエッチピット密度を持ったダイヤフラムの不純物濃度は、 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 以上 $9 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 未満とすることが好ましい。

【0022】

そして、このように作製された基体6とシリコン構造体5とを、真空中で適宜な接合方法、たとえば加熱融着や無機接着剤を用いて接合することによって、圧力センサが製造される。

【0023】

この圧力センサは、端子部11を静電容量測定用の測定機器と接続し、ダイヤフラム9と電極7間に交流電圧を印加して、その共振周波数またはインピーダンス変化を検出することによって行われる。図4に示すように、ダイヤフラム9に圧力が加わり誘電体膜8に接触すると、センサの静電容量は一定の範囲内で圧力に対してほぼ直線的に増加する。

以下、実施例によって本発明の効果を具体化する。

【0024】

【実施例】

図1（A），（B）に示すように、電極7と誘電体膜8を形成した基体6上に、ダイヤフラム9を設けたシリコン構造体5を接合した構造を持つタッチモード

式容量型圧力センサを作製した。

ガラス板からなる基体 6 上に Cr 薄膜からなる電極 7、およびそれを覆うガラスからなる誘電体膜 8 を、それぞれ $0.1\ \mu\text{m}$ 、 $0.4\ \mu\text{m}$ の膜厚で形成した。電極 7 および誘電体膜 8 の形成は、スパッタ法による膜の蒸着とフォトリソグラフィによるパターニングという一連の工程により行った。

【0025】

電極 7（下部電極）と対向するダイヤフラム 9 は、ボロンを高濃度でドーピングして上部電極の役割を果たすようにし、平面視形状は、 $0.4\ \text{mm} \times 1.5\ \text{mm}$ の長方形とした。米国特許第 5,528,452 号公報中に開示されたように、ダイヤフラム 9 の形状を長辺、短辺の比が 3 : 1 以上となる長方形とすることで、一定範囲内における圧力と静電容量変化の直線性を得ることが可能となる。また、誘電体膜 8 とダイヤフラム 9 の隙間 10 は $3\ \mu\text{m}$ とした。基体 6 上の一部に外部との接触用の Al からなる端子部 11 を、一方が上部電極、他方が下部電極に接続するように形成した。一連の製造工程は、シリコンウエハおよびガラスウエハを用いて行い、両ウエハを接合後切断することで個々のセンサを得た。

【0026】

図 2 に、作製したタッチモード式容量型圧力センサのダイヤフラムの詳細な構造を示す。ダイヤフラム 12 を形成する際にシリコン基板 13 には、ガラス基板 14 との接合面（ダイヤフラム裏面）側から熱拡散によりボロンをドーピングしている。本実施例では拡散の際の温度を 1125°C とし、ダイヤフラム裏面から $7\ \mu\text{m}$ の深さでのボロン濃度が $1 \times 10^{19}\ \text{cm}^{-3}$ となるように拡散時間を 10 時間とした。このときの拡散深さはシリコンウエハ内でほぼ均一であり $9.4\ \mu\text{m}$ であった。ボロン濃度はダイヤフラム裏面から $5.5\ \mu\text{m}$ の深さまでは約 $2 \times 10^{20}\ \text{cm}^{-3}$ と一定の値を示し、 $5.5\ \mu\text{m}$ を超えた辺りから徐々に減少し始め、拡散深さの $9.4\ \mu\text{m}$ では $2 \times 10^{14}\ \text{cm}^{-3}$ であった。ダイヤフラム 12 の形成は、接合面と反対の面（ダイヤフラム表面）からの異方性エッチングにより行った。エッチング液は 24 wt %、 80°C の KOH 溶液を用い、エッチストップ効果を利用してダイヤフラム 12 の厚さが $6\ \mu\text{m}$ 程度となるようにエッチング時間を制御した。

【0027】

以上説明したような構造を持つタッチモード式容量型圧力センサに、一定の圧力を長時間印加した後のダイヤフラムの割れを調査する耐圧試験を実施した。試験は素子に切断する前のウエハの状態で行い、サンプル数（ウエハ枚数）は10枚（A～J）とした。ここで各ウエハ上にはセンサ素子が500個形成してある。印加圧力を 40 kgf/cm^2 、印加時間を1時間として圧力印加後のダイヤフラム割れの有無を調査したところ、各ウエハA～Jに対して図5に示すような割れの度数分布が得られた。すなわち、ダイヤフラム割れの全く生じなかったものから、ウエハ内で82%のダイヤフラムに割れが生じたものまで、その割合は大きくばらついていた。またダイヤフラムの割れは、殆どが長形状のダイヤフラムがたわんで、誘電体膜に接触している際に最も応力がかかるダイヤフラムの長辺と短辺で生じていた。

【0028】

上記耐圧試験に用いたウエハの中から、特に耐圧性が高かったウエハのセンサと、著しく耐圧の低かったウエハのセンサを各々10個ずつ抜き取り、ダイヤフラムの表面形態を原子間力顕微鏡（AFM; Atomic Force Microscopy）により調査した。その結果、著しく耐圧の低かったセンサのダイヤフラム表面上には、直径が $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 程度のピットが $1\text{ }\mu\text{m}^3$ 中に6～8個と高密度に分布しているのが認められた。一方、耐圧性が非常に高かったセンサのダイヤフラム表面には、このように高密度に分布したピットは全く認められず、非常に平滑であった。この高密度に分布したピットは、ダイヤフラムを形成する差異のエッチングプロセスで生じていると考えられる。またダイヤフラム割れの有無に関わらず、何れのセンサにおいてもダイヤフラムの厚さに大きな違いはなく、この耐圧性の違いはダイヤフラム厚の違いではないことを確認した。更に各センサに対して、ダイヤフラム表面のボロン濃度を調査したところ、耐圧性の高かったセンサの表面ボロン濃度は全て $9 \times 10^{19}\text{ cm}^{-3}$ 未満であったのに対し、耐圧の低かったセンサの表面ボロン濃度はすべて $9 \times 10^{19}\text{ cm}^{-3}$ 以上となっていた。

【0029】

この表面ボロン濃度の違いは、ダイヤフラムを形成する際のエッチング時間の

違いと考えられるため、エッチング時間に対するダイヤフラム表面形態の変化を調査した。その結果、エッチング時間の増加とともにダイヤフラム上にエッチピットが発生した。

【 0 0 3 0 】

上述した結果は、ダイヤフラム形成エッチングの際に必要以上にエッチングを施すとエッチピットが発生し、センサの耐圧性を著しく低下させることを表している。従って、ダイヤフラム形成エッチングは、面内で均一にエッチングを行うことと、エッチストップ効果を大きくとることが重要である。そこで、以下この点に着目した検討を行った。

【 0 0 3 1 】

KOH溶液の P^+ 層に対するエッチストップ効果は、溶液の濃度に依存し、濃度が低くなる (<10wt%) とエッチストップ効果は大きくなるのが、例えばH. Seidelらの文献(J. Electrochem. Soc. Vol.137, No.11, 3629-3632, 1990)に記述されている。そこで本発明者らは、KOH溶液の濃度を8wt%としてエッチストップの効果を高め、エッチピットの発生を防ぐことで耐圧性の向上を試みた。溶液の温度は従来と同じ80℃とし、より均一なエッチングが可能となるように溶液を攪拌しながらダイヤフラムエッチングを行った。こうして得たセンサ500個に対し、前述した耐圧試験と同じ方法で耐圧性を評価した。その結果、50kgf/cm²印加後の全てのセンサにおいて、ダイヤフラムの割れは全く認められなかった。このセンサのダイヤフラムを原子間力顕微鏡により観察したところ、耐圧性の著しく低かったウエハで観察されたようなピットが、1μm²当たり1個以下に減少できていることが確認された。また、溶液の濃度が1wt%未満の溶液では、溶液を攪拌してエッチングを行っても均一なエッチングは困難であった。

【 0 0 3 2 】

以上の結果から、濃度が1wt%以上10wt%未満のKOH溶液を用い、均一なエッチングを行うことでエッチピット密度を1個/μm²以下に抑え、ダイヤフラムの耐圧性を高めることが可能となった。なお、静電容量型圧力センサにおけるダイヤフラムのエッチングを均一に行う方法として、特開平11-326

095号公報に記載されたように、濃度の異なる2種類の溶液を用いることも可能である。なお、エッチピット密度は、従来品（6～8個/ μm^2 程度）よりも低下させれば良く、5個/ μm^2 以下とすることで従来品を上回る耐圧性が得られるが、上述した通り、特に高圧用のもの（例えば自動車タイヤ圧検出用）では、1個/ μm^2 以下とすることによって、その耐圧性を格段に向上することができる。

【0033】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明による圧力センサは、不純物ドーピングと異方性エッチングにより形成された導電性を有するダイヤフラムを有するシリコン構造体を、電極とそれを覆う誘電体膜を形成した基体上に、ダイヤフラムと電極が対向しかつ誘電体膜と隙間をあけた状態で接合してなり、ダイヤフラムが圧力を受けて誘電体膜と接触する接触面積の変化を検出してその圧力を測定する圧力センサにおいて、ダイヤフラム表面上のエッチピット密度を5個/ μm^2 以下、特に好ましくは1個/ μm^2 以下としたことで、ダイヤフラムの耐圧性を大幅に改善することができる。従って本発明によれば、従来品よりもダイヤフラムの耐圧性に優れたタッチモード式容量型圧力センサを提供することができる。

また、本発明による圧力センサは、ダイヤフラム表面上のエッチピット密度を5個/ μm^2 以下、特に好ましくは1個/ μm^2 以下としたことで、ダイヤフラムの耐圧性が大幅に向上し、実際の動作圧力範囲を大きく超えるような圧力が加わった場合にもダイヤフラムの破断を生じることがないので、安全性が要求される自動車タイヤ圧検出用の圧力センサとして特に好適に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の圧力センサの一例を示すもので、（A）は圧力センサの平面図、（B）は側面断面図である。

【図2】 本発明の圧力センサの要部拡大断面図である。

【図3】 従来の圧力センサを示す側面図であり、（A）は圧力が加わらない状態、（B）は圧力によりダイヤフラムが誘電体膜側に接触した状態を示す。

【図4】 従来の圧力センサにおける圧力と静電容量の関係を示すグラフで

ある。

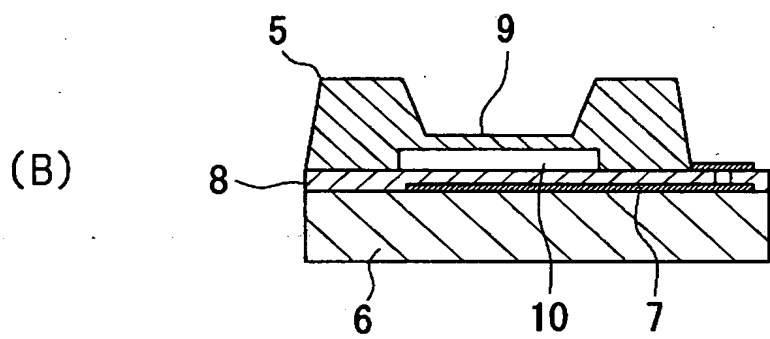
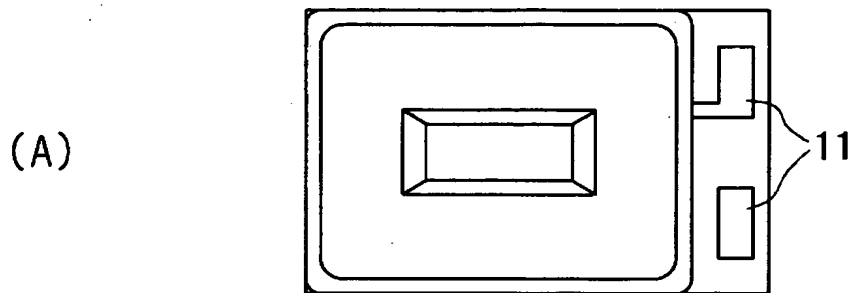
【図 5】 本発明に係る実施例の結果を示す度数分布グラフである。

【符号の説明】

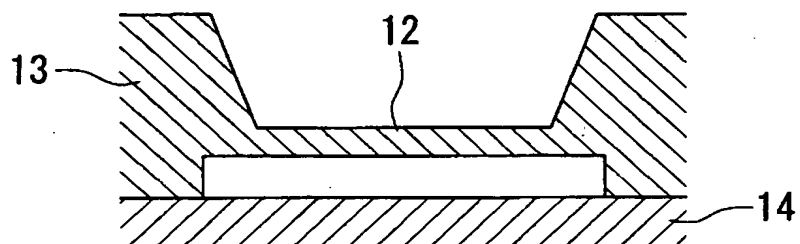
5 …… 構造体、 6 …… 基体、 7 …… 電極、 8 …… 誘電体膜、 9 …… ダイアフラム、 1 0 …… 隙間、 1 2 …… ダイアフラム、 1 3 …… シリコン基板（構造体）、
1 4 …… ガラス基板（基体）。

【書類名】 図面

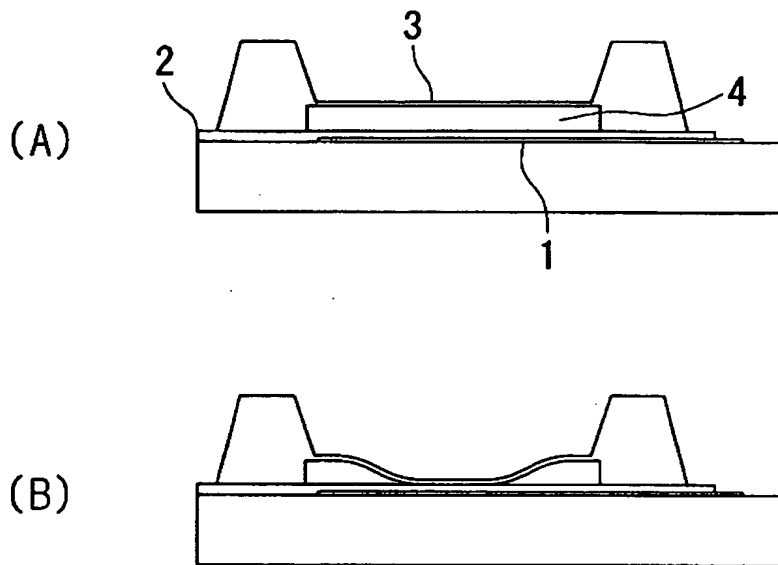
【図 1】



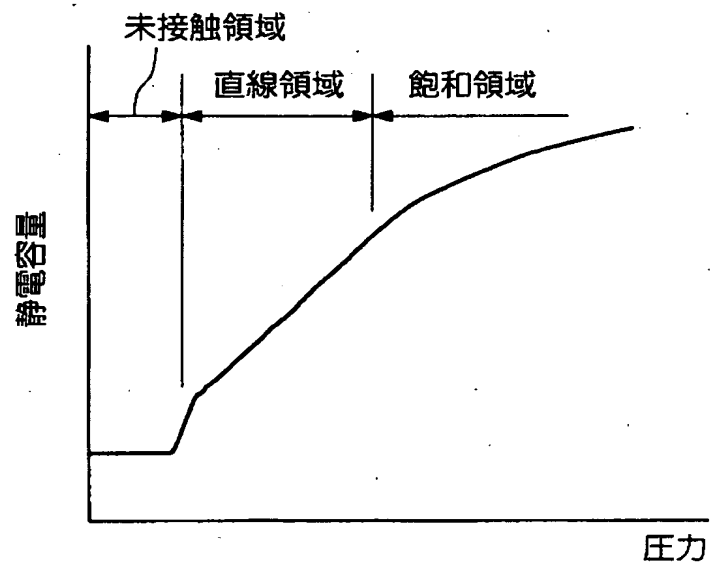
【図 2】



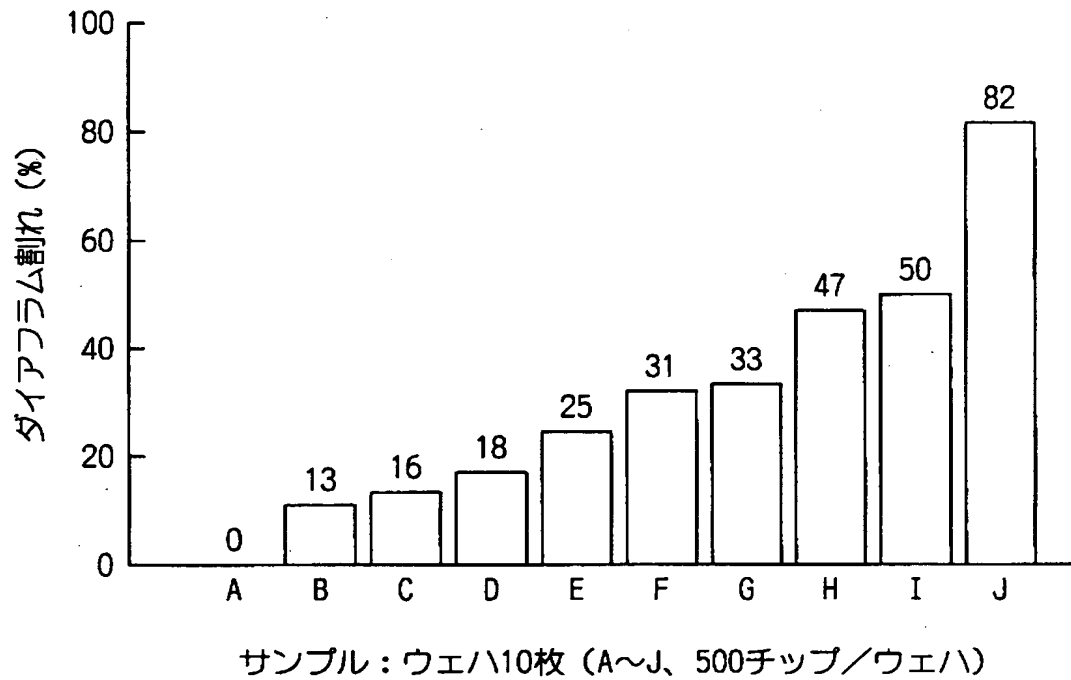
【図 3】



【図 4】



【図5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来品よりも耐圧性が高いタッチモード式容量型圧力センサの提供。

【解決手段】 不純物ドーピングと異方性エッチングにより形成された導電性を有するダイヤフラム（９）を有するシリコン構造体（５）を、電極（７）とそれを覆う誘電体膜（８）を形成した基体（６）上に、該ダイヤフラムと電極が対向しかつ誘電体膜と隙間（１０）をあけた状態で接合してなり、該ダイヤフラムが圧力を受けて誘電体膜と接触する接触面積の変化を検出してその圧力を測定する圧力センサにおいて、ダイヤフラム表面上のエッチピット密度を $5\text{個}/\mu\text{m}^2$ 以下とした圧力センサ；およびシリコン表面に不純物を高濃度でドーピングし、次いでエッチング面上のエッチピット密度が $5\text{個}/\mu\text{m}^2$ 以下となるようにエッチングを施してダイヤフラムを形成し前記シリコン構造体を製造する工程を含む圧力センサの製造方法。

【選択図】 図１

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005186]

1. 変更年月日	1992年10月 2日
[変更理由]	名称変更
住 所	東京都江東区木場1丁目5番1号
氏 名	株式会社フジクラ